

ИЗМЕНЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Топоров А.А., Боровлев В.Н., Третьяков П.В. (ДонНТУ, г. Донецк, Украина)
Власов Г.А., Кауфман С.И., Романенко Е.П. (АКХЗ, г. Авдеевка, Украина)

The model of change of settlement schemes of elements of the equipment of chemical manufactures (on an example shell) is considered while in service under influence degradation processes, such as corrosion, formation of adjournment, etc.

Одной из задач, возникающих при разработке нового оборудования химических производств и продления ресурса существующего, является обеспечение техногенной безопасности [1]. Для современных производств в связи с увеличением их объемов, количества перерабатываемых веществ, ужесточении требований к надежности и безопасности техногенная безопасность производств зависит от целого комплекса факторов.

В химической промышленности присутствуют значительное количество неблагоприятных (деградационных) факторов, которые являются сопутствующими при протекании различных процессов. Для оборудования химических производств следует учитывать совокупность взаимодействия рабочих и окружающей сред с элементами оборудования, так как они играют определяющую роль в формировании деградационных процессов, что связано с переработкой веществ обладающих повышенными или пониженными температурами и давлениями, пожаро-, взрывоопасностью и т.д [2]. Все эти факторы негативно влияет на состояние оборудования, длительность функционирования и эксплуатации, уровень безопасности.

Для примера рассмотрим один из типовых элементов химического оборудования – цилиндрические обечайки (рисунок 1). Которые достаточно широко распространены – это корпуса аппаратов, магистральные и технологические трубопроводы, трубчатка в теплообменных аппаратах, емкости для хранения и т.п.

Начальное состояние обечайки характеризуется следующими параметрами:

1. геометрические параметры обечайки - толщина стенки S , гидравлический радиус течения рабочей среды F и т. п.;
2. физические параметры материала обечайки - прочность, свариваемость, теплопроводность, степень чистоты обработки поверхностей, сплошность, трещиностойкость, коррозионная стойкость, наличие дефектов и т.п.;
3. свойства рабочей среды - давление P , температура T коррозионная активность, степень влияния на оборудования и т.п.

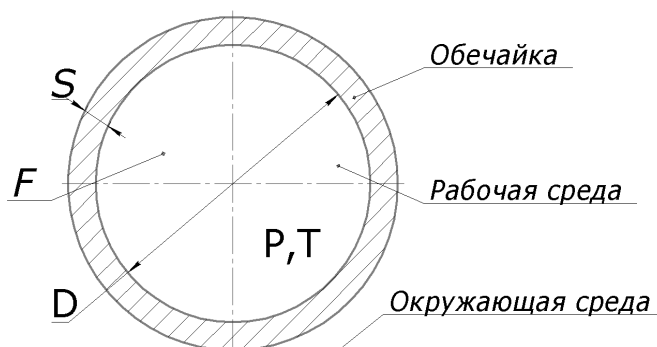


Рисунок 1.- Расчетная схема первоначального состояния сечения цилиндрической обечайки

Вследствие совместного воздействия рабочей и окружающей среды, тепловых и механических нагрузках на цилиндрические обечайки, возможно возникновение ряда деградационных процессов:

- коррозия внутренних стенок трубопроводов под действием рабочей сред;
- коррозия наружных стенок трубопроводов под действием окружающей среды;
- образование отложений на внутренних стенках;
- образование отложений на внешних стенках;

В результате образуется слой материала соответствующей толщиной S_1, S_2, S_3, S_4 . Образованный слой материала отличается своими физическими, механическими, тепловыми свойствами.

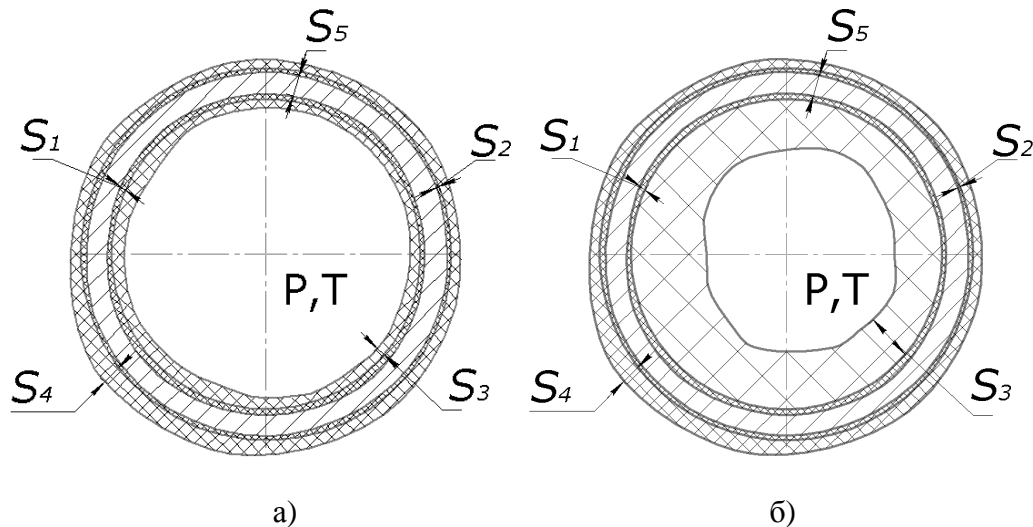


Рисунок 2 – Расчетная схема для цилиндрических обечаек при эксплуатации:
а) небольшой срок; б) длительная.

Совокупность воздействия этих процессов приводит не только к изменению параметров состояния объекта (геометрические размеры, шероховатость внутренних стенок), но и к изменению расчетных схем.

Рассмотрим коррозионные процессы действующие на внутреннюю и внешние стенки цилиндрических обечаек, которые в данном случае имеют различный вид и характер. Кроме неравномерности протекания в отдельных местах и по всей протяженности объектов, отдельное место занимает ее вид и сочетание: межкристаллитная, петтинг-коррозия, электрохимическая, атмосферная [3].

Основными показателями скорости коррозии являются: массовый и глубинный.

$$k_m = \frac{M_1 - M_2}{F \cdot \tau} \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$$

Глубинный показатель скорости коррозии

$$k_{\Pi} = \frac{\Pi}{\tau}$$

где – M_1 – начальная масса, кг; M_2 – масса после воздействия коррозионных процессов, кг; F – площадь поверхности, м^2 ; τ – время воздействия коррозионных процессов, ч; Π – глубина поражения, м.

Если массовый показатель скорости коррозии довольно сложно учитывать в производственных условиях, то глубинный показатель позволяет качественно оценить кинетику протекания коррозионных процессов с течением времени [4].

Теплопередача вместо однослойной стенки изменяется на многослойную стенку, соответственно приводит к ухудшению теплообменных процессов в рассматриваемом объекте. Вместо однослойной цилиндрической стенки [5], которая изначально была заложена в проект:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \lambda \cdot (t_{\Gamma} - t_{\chi})}{\ln \frac{d_2}{d_1}}$$

В результате совместного воздействия деградационных процессов получается 5 слоев, для которых соответствующая формула примет вид:

$$Q = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_{\Gamma} - t_{\chi})}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2} + \frac{1}{\lambda_3} \ln \frac{d_4}{d_3} + \frac{1}{\lambda_4} \ln \frac{d_5}{d_4} + \frac{1}{\lambda_5} \ln \frac{d_6}{d_5}}$$

где t_{Γ} и t_{χ} – температуры горячей и холодной поверхности стенки, К или °С; λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К), м; L – длина цилиндра, м; d_i – диаметр слоя, м.

В приведенной формуле теплопередачи через многослойную стенку, имеются две величины, которые необходимо определить: диаметр каждого слоя и его коэффициент теплопроводности. Эти величины мало исследованы и в литературе практически не встречаются. Для расчета среднего диаметра каждого слоя необходимо определить скорость его образования. Определение же коэффициентов теплопроводности слоев возможно только экспериментальным путем. В целом же, можно отметить, что теплопередача для пятислойной стенки ухудшается по отношению к однослойной.

Вышеописанные формулы представлены для установившихся тепловых потоков. Если рассматривать объект целиком, то режим установившегося потока не соблюдается ввиду изменения режима течения рабочей среды. Режим течения рабочей среды описывается критерием Рейнольдса [6]:

$$Re = \frac{Q \cdot L \cdot \rho}{\eta \cdot A}$$

где ρ — плотность среды, кг/м³; v — характерная скорость, м/с; L — характерный размер, м; η — динамическая вязкость среды, Н·с/м²; Q — объёмная скорость потока; A — площадь сечения трубы, м².

Если рассматривать изменение проходного сечения по отношению к первоначальному, то оно уменьшается, что может привести к изменению режима течения рабочей среды, например, переходу из ламинарного в турбулентный, что изначально не было учтено при проектировании оборудования.

Совместно с вышеизложенными деградационными факторами, следует отметить изменение схемы напряженно-деформированного состояния цилиндрических обечаек, от равномерно распределенной, которая заложена в проектной документации к неравномерной, возникающей при длительной эксплуатации. Если начальное сечение обечайки является одинаковым, то со временем сечение, которое воспринимает механические нагрузки имеет довольно неравномерный характер как по сечению (рисунок 2) так и по длине, учитывая процессы коррозии и образования отложений.

Вместе с изменением режимов течения рабочей среды возможно появление дополнительных нагрузок и воздействий, появление которых вызвано функционированием технического объекта при режимах, в которых параметры

рассматриваемого объекта выходят из области допустимого интервала. Например, такими факторами являются резонанс с последующим динамическим или усталостным разрушением или потеря устойчивости цилиндрической обечайки.

Таким образом, работа оборудования при длительном функционировании имеет определенные отличия от оборудования прошедшее первые стадии работы пуск и первое техническое обслуживание. Отличия состоят в воздействии комплекса факторов, которые влияют на диапазон параметров оборудования. Вследствие воздействия комплекса факторов параметры оборудования выходят за допустимые нормы. На начальных этапах работы оборудования, к нему, возможно, применить базовую процедуру исследования состояния. Для длительно функционирующего оборудования, к которому относится оборудование химических производств, необходимо применять расширенную процедуру анализа нагрузок и воздействий на обечайку, с исследованием изменения расчетных схем напряженно-деформированного, теплового состояний, схем течений рабочей жидкости и т.п.. Для более точного описания состояния объекта (в предложенном примере – обечайки), необходимо определить: процессы, протекающие в объекте, их кинетику и степень влияния на изменение основных параметров оборудования. Большинство параметров в расчетных формулах является вероятностными величинами, соответственно каждое состояние и расчетная схема тоже будет вероятностной величиной [7]. Для проведения оценки состояния объекта необходимо выполнить пересчет состояния, используя исходные расчетные схемы, но с учетом изменений состояния оборудования.

Таким образом, при эксплуатации оборудования химических производств изменяется состояние его элементов, что приводит к изменению расчетных схем напряженно-деформированного состояния, схем теплопередачи, схем течения рабочих сред. Реализация методики генерирования расчетных схем, в зависимости от сроков службы и протекающих деградиционных процессов, позволит провести оценку работоспособности оборудования, более точно прогнозировать его остаточный ресурс, рассчитывать показатели надежности. Это позволит более обоснованно принимать решения по проведению дальнейших действий, которые необходимо применить к объекту: остановка, проведение ремонтно-восстановительных работ, вывод из эксплуатации и дальнейшая утилизация.

Список литературы: 1. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности – М.: ГНТБ «Безопасность» МИБ СТС. – 1996, 428 с., 2. Топоров А.А., Парфенюк А.С., Власов Г.А. Оценка техногенной безопасности технологических комплексов / Экологические проблемы промышленных мегаполисов: Материалы международной научной конференции. В 2-х томах. Донецк, 2006. Т.1. С.220-224., 3. Сухотин А.М. Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Нефтеперерабатывающая промышленность – Л.: «Химия».- 1990, 400 с., 4. Жук Н.П. Курс теории коррозии и защиты металлов – М.: «Металлургия», 1976, 450 с. 5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химических технологии – М.:, «Государственное научно-техническое издательство химической литературы» 1961, 832 с., 6. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. Часть 1. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты – М.:, «Химия» 1995.-400 с., 7. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем – М.: Издательство «Мир» перевод с английского под редакцией Ушакова И.А. – 1980, 605 с.,